

EVM在车间工时管理系统中的应用^①

莫文毅, 仲梁维

(上海理工大学 机械学院, 上海 200093)

摘要: 研究如何将 EVM 理论实际应用到生产车间信息管理系统中的问题。基于 EVM 理论中提出的基本参数和重要指标, 对生产车间工时管理系统进行流程分析后, 编制出符合 EVM 参数和指标要求的 WBS 和 CBS, 利用车间工时管理系统中现有的数据信息, 在 EVM 理论和 WBS、CBS 理论分析的支撑下采集所需要的数据实现 EVM 公式的计算, 并进一步构造出绩效考核指标 IPI。以 EVM 理论为基础实现的车间工时管理系统在产品进度分析和成本预算报表上比以往更精确, 更能及时反映车间生产情况。

关键词: EVM; 车间工时管理系统; IPI; 成本和进度; WBS;

Application of EVM to a Manufacture Time Management System in Mechanical Workshop

MO Wen-Yi, ZHONG Liang-Wei

(Department of Mechanics, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: This article researches how to apply EVM to manufacture time management system in mechanical workshop. To complied WBS and CBS that apply with the parameters and index of EVM based on the theory of EVM gives basic parameters and important index and the analysis process of manufacture time management system in mechanical workshop. Collecting requesting data with the help of the theory in the existing data of manufacture time management, to further structure the creditability and efficiency of the index IPI. The manufacture time management system based on the theory of EVM is more accurate and faster to reflect the condition of product in workshop.

Key words: EVM; manufacture time management system; IPI; cost and schedule; WBS

随着全球进入信息化时代, 越来越多的新技术应用到制造业中, 企业的管理模式从传统管理逐渐向信息化管理转变, 为了提高企业的管理水平, 切实的享受信息化管理所带来的好处, 各个行业各类型企业都在研究如何更好的整合自身企业的特点与信息化管理之间的关系, 以获得更好的信息化管理效果。因此出现了很多信息化管理理念如 ERP、PDM、PLM 等等, 而生产企业有其自身的特点, 它需要生产零件、需要管理产品工艺信息、需要管理设计图纸等等庞杂的数据, 并且根据产品性质生产车间管理也很复杂, 其加工工人流动性大, 这就造成了产品成本极难控制, 生产进度无法了解, 无法及时的调整产品的生产过程, 这给企业的管理带来了难题。

面对全球同类制造企业的竞争, 国内大部分制造企业都逐渐的使用信息化管理, 针对车间生产的特点很多企业使用了工时管理系统的模式, 这为 EVM 的使用提供了数据基础。EVM 是现在全球流行的一种挣值管理理论, 能够帮助企业更准确的了解自身的生产成本, 生产进度。掌握准确的信息就能够相应的做出调整, 以提高企业的核心竞争力。本文主要针对上海某重型设备企业, 结合其车间工时管理系统和 EVM 理论进行研究, 整理出适合制造型企业的数据库模型, 以达到提高企业管理的效果^[1-4]。

1 EVM的理论研究

EVM 是综合了生产范围、进度计划和资源, 测量

① 收稿时间:2011-06-08;收到修改稿时间:2011-07-15

生产绩效的一种方法。它通过测量和计算已完成工作的预算费用、已完成工作的实际费用和计划工作的预算费用得到有关计划实施的进度和费用偏差,达到判断生产预算和进度计划执行情况的目的,因而它又常被称为偏差分析法,它的独特之处在于以预算和费用来衡量工程的进度^[1]。

1.1 EVM 的基本参数

BCWS(Budgeted Cost of Work Scheduled)计划工程预算费用,我国习惯称之为“计划投资额”(PV,即 Planned Value),即根据批准认可的进度计划和预算到某一时刻应当完成的工作所需要投入的资金。这个值对衡量生产进度和费用都是一个标尺或基准,它反映进度计划应当完成的工作量,而不是反映消耗消耗的工时或费用。PV的计算公式为:PV=计划工程量×计划单价。

BCWP(Budgeted Cost of Work Performed)完成工作预算费用,即根据批准认可的预算,到某一时刻已经完成的工作应当投入的资金,此值常称为挣得值(Earned Value)。当然,已完成的工作必须经过验收,符合质量要求。这个值反映了满足质量标准的工作实际紧张,实现了投资额到生产成果的转化。其计算公式为:EV=实际工程量×计划单价。

ACWP(Actual Cost of Work Performed)完成工作实际费用,即到某一时刻已完成的工作所实际花费的总金额,我国习惯称之为“实际投资额”,简记为AC(Actual Cost),主要反映生产执行的实际消耗指标。其计算公式为:AC=实际工作量×实际单价。

EVM 的 3 个基本参数是进行挣值分析的基础,正确收集和整理信息,准确计算三个基本参数,并在此基础上绘制出如图 1 所示的挣值分析曲线图,是挣值分析的前提和必经步骤。

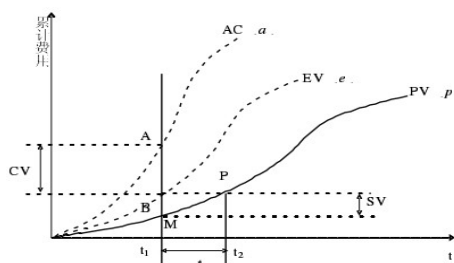


图 1 挣值分析曲线图

1.2 EVM 的 4 个重要指标

从上述 3 个基本参数可导出 4 个重要指标:

成本偏差 $CV=EV-AC$, $CV<0$ 表示费用超支, $CV>0$ 表示费用结余;

进度偏差 $SV=EV-PV$, $SV<0$ 表示进度滞后, $SV>0$ 表示进度超前;

成本偏差率 $CVP=CV/EV \times 100\%=(EV-AC)/EV \times 100\%$, 反映了实际成本与计划成本的偏离程度。

进度偏差率 $SVP=SV/PV \times 100\%=(EV-PV)/PV \times 100\%$, 反映了实际进度与计划进度的偏离程度。

1.3 EVM 的两个绩效指数

生产工期绩效指数: $SPI=EV/PV$, $SPI>1$ 表示进度超前, $SPI<1$ 表示进度滞后;

生产成本绩效指数: $CPI=EV/AC$, $CPI>1$ 表示成本结余, $CPI<1$ 表示成本超支^[5];

2 EVM 的应用研究

根据全过程管理理论,生产生产进度计划和成本计划的实施中,控制循环过程包括:

a 执行计划的事前控制,体现对计划、规划和执行进行预测的作用;

b 执行计划的事中控制,体现对计划执行的控制作用,以及在执行中及时采取措施纠正偏差的能力;

c 执行计划的事后控制,体现对计划控制每一循环过程总结整理的作用和调整计划的能力。

本文研究 EVM 在工时管理系统中的应用研究,体现了全过程管理的思想。

2.1 编制生产 WBS 及 CBS

工作分解结构(WBS)是将生产的各项任务按期相关关系逐层进行分解,直到分解为若干个相对独立、内容单一的工作单元为止,并把各单项工作在整个生产中的地位、相对关系直观的标示出来,用树形图标示以便更有效的计划、组织、控制生产整体实施的树状结构。WBS 图是实施生产必须进行的全部活动的一张清单,可以使生产各方从整体上了解自己承担的工作与全局的关系。

编制 WBS 要遵循如下的原则:

① 各层次保持生产内容的完整性,做到不重复不漏项

② 下层单元只能从属于一个上层单元(不能交叉分属两个上层单元),出现交叉时应对子生产重新定义

③ 相同层次单元应有相同性质

④ 单元应有较高的整体性和独立性,能区分工作

内容和责任

⑤ 进行统一编码,以便于加强生产建设过程中的协调管理,使各方对生产进展情况的认识和理解具有统一口径,应于生产开始前建立完整的工作分解结构,进行统一编码。

成本分解结构 CBS,是指在完成工作分解结构的编制和编码工作的基础上,研究各基层单元的成本,即把生产成本逐级分解到 WBS 的各级基层单元上,使成本发生的部位更加明确。

针对上海某重型设备生产企业的工时管理系统分析,其工时管理系统中的计划流程如图 2。

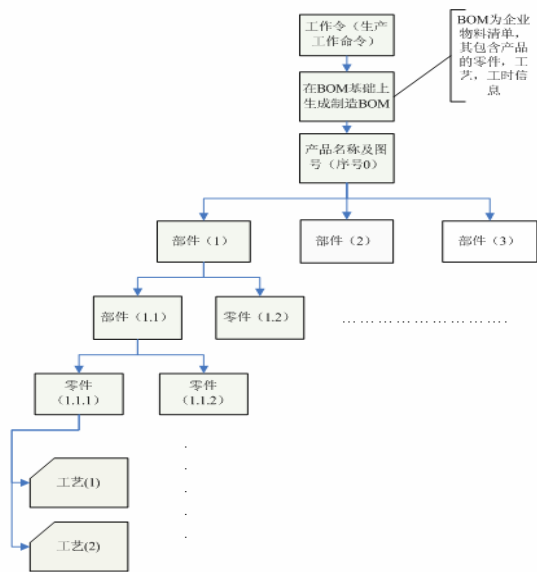


图 2 WBS 分解结构图

工时管理系统中基于产品零部件之间的上下层关系,将整套产品从序号 0 往下一直划分到基层零件,然后将各个零件所需要的工艺按照加工顺序添加到此零件下。各个工艺有其独立性和完整性,当分厂系统操作员将此工艺以工作票的形式打印出来给工人的时候,工作票上将自动生成工票号即编码以保证其唯一性,方便企业的统计。

生产 WBS 及 CBS 的编制工作是生产监控的前提,是生产管理绩效评价的依据,只有编制出切实可行的生产计划,才能在实施过程中对生产各方面的状态进行有效的监控。由此可见工时管理系统中 WBS 和 CBS 编制计划切实符合 EVM 理论研究的基础。

2.2 工时管理系统信息采集

数据信息采集首先要解决就是收集什么数据和信

息的问题,而车间工时管理系统的使用为 EVM 在车间的实施提供了准确、及时、完备的相关资料和信息,尤其是各个工艺成本的实际情况以及与产品投资和进度发生偏差有关的主客观因素等信息和资料的收集对 EVM 应用的成功与否具有十分重要的作用。

图 3 为车间使用工票系统的流程图,销售部下达新的工作令到生产车间,工作令都是基于设计 BOM (其中包含产品下所有工艺名称,定额工时)产生的。生产车间根据工作令开具定额工票和特殊工票交到工人手里,工人根据工票上的信息对零件进行加工。零件加工后交给质检中心,如果不合格则交给车间开票员开具工废/料废工票,如果合格则有统计员输入加工此工票员工的信息、日期、定额工时,实做工时(为正常上班时间)等等。其中定额工时、实做工时、员工信息、开票日期、完成日期都是 EVM 中要用到的数据[6,7]。

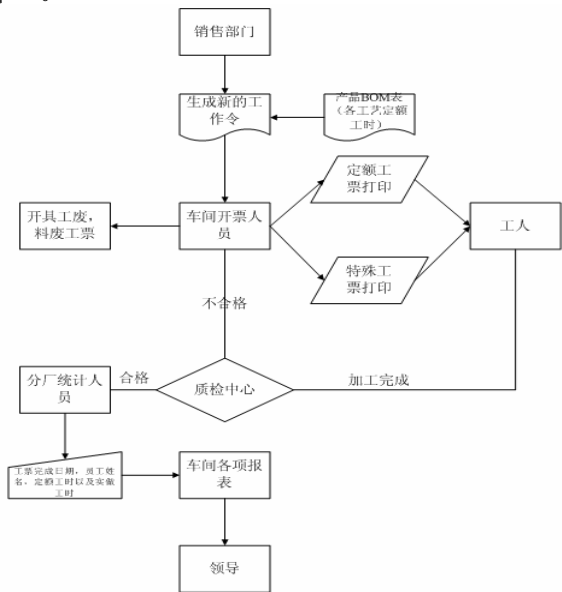


图 3 工票系统流程图

2.3 各工艺实现投资额计算方法

不同的工艺在生产的时候其复杂程度各不相同,所以不能用统一的价值来衡量,应当结合该工艺的性质规定其价值来实现投资额的计算方法。在工时管理系统中对于不同产品下的工艺都有其额定的定额工时,此工时为计算工人工资的依据标准,所以根据其工艺类型的不同,价值也有所不同,例如钳工每个工时计划单价 10,则气割每个工时计划单价 12。当工人完成工票的时候,车间统计人员则要输入工人完成此工票的实做工时,此工时含义为工人完成工票所正常

上班的时间。

在生产车间中除了加工零件工艺这部分定额工时外，还有一些与这些加工工艺具有内在联系的活动，在工时管理系统中我们将其定义为特殊工时。如对产品进行刷漆的油漆工时，修理机器的机修工时等等，这些工时的发生情况比较灵活，因此不宜直接采用 EVM 对其进行考核和评论，而可以根据定额工时（产品总工时）的进度情况按比例进行分配，这样就能计算出产品计划总值。同时按照百分率完成法根据每月完成的工时百分数来估计产品进度情况，因为产品的定额工时是有工艺部门详细制定主观成分少，所以百分率完成法更能真实反映生产生产的紧张情况。

2.4 偏差分析

EVM 成本和进度的偏差分析是指在产品生产的某一时点，收集已经生产的实际消耗成本，已经生产的计划成本等资料，通过对这些资料数据的相互比较，获得有关造价和进度执行的偏差信息，并且分析当前的生产效果，为下一步产品成本控制和进度控制提供更优化的方法。

基于前面所介绍的 EVM 理论和工时管理系统实际数据相结合，得出 EVM 基本参数计算公式如下：

$$PV = \text{计划工期} \times \text{计划单价}$$

计划工期为此产品完成的计划工期，计划单价为设计 BOM 中此产品所有定额工时×各个工艺的计划单价，并且依照一定比例加上生产此产品时发生的特殊工时，以此求出 PV 参数。

$$EV = \text{实际工期} \times \text{计划单价}$$

EVM 所采用的“实际工期”通常有两种计算方法“一种为实际完成工程量法，另一种为完工比例法。两种方法各有所长，适用于不同的环境中。笔者认为在车间生产中，可以利用完工比例法进行挣值分析。

$$AC = \text{实际工期} \times \text{实际单价}$$

在生产中各工艺的单价会随时发生变化，因此实际单价为生产中完成定额工时×各工艺实际单价，并加上实际消耗的特殊工时费用。

针对以上基本参数结合生产实际情况，整理表 1 给出各种组情况下的挣值分析及对应措施。

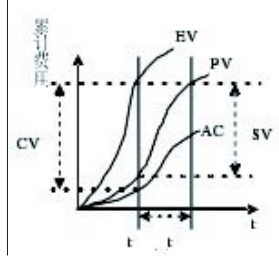
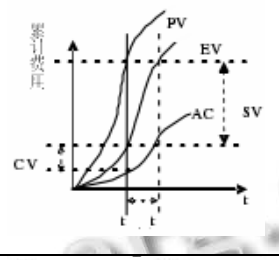
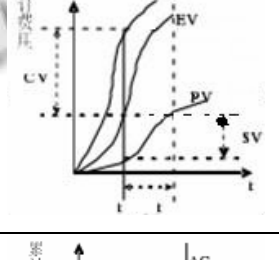
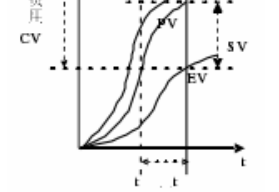
在产品生产过程中，通过 EVM 计算指标发现偏差或者预估将会发现的偏差，则应该进一步分析偏差的原因，以便采取纠正措施或者在进度和成本之间进行调整，尽量保证后续工作的正常实施。

3 建立绩效考核体系

3.1 绩效考核指标 IPI 的构造

本文研究的绩效考核指标 IPI 是基于 EVM 集成了产品生产工期、质量、成本和安全要素的综合绩效评价。绩效考核离不开初始目标的设定和执行结果与初始目标的对比分析。EVM 在工时管理系统中的应用研究为绩效考核提供了需要的信息：初始目标一般为生产的进度及成本计划，即上文提到的 PV，执行结果为 AC。通过 AC 与 PV 的绝对偏差与相对偏差幅度，进行考核指标 IPI 的构造。

表 1 EVM 实际情况分析

序号	坐标分析图	分析	对应措施
1		CV>0 SV>0 费用超支，进度超前。	由于进度超前导致生产成本远超计划成本，此时应当适当控制进度，以缩减成本。
2		CV>0 SV<0 费用超支，进度滞后。	进度滞后，成本微微超过计划成本，应适当的加快生产。
3		CV<0 SV>0 费用结余，进度超前	生产成本远远超过预期，应当缩减成本的同时，适当控制进度
4		CV<0 SV<0 生产后期费用结余，进度滞后	虽然成本缩减，但进入生产后期进度还滞后，应迅速高进度

$$IPI = \frac{1}{CPI^R} \times \frac{1}{SPI^P} \times \frac{1}{Q^K} = \frac{1}{(AC/EV)^R} \times \frac{1}{(EV/PV)^P} \times \frac{1}{Q^K}$$

式中，R、P、K 为生产成本、工期和质量的相对

重要指数, CPI' 和 SPI' 为去除不可控因素引起的偏差后的生产成本和工期绩效指数。由于产生偏差的原因是多方面的, 主要可分为可控因素和不可控因素。当生产成本控制与奖励挂钩时, 也应该分别估算可控因素和不可控因素引起的工期、质量和成本偏差。因此, 本文在计算 IPI 的过程中, 使用的偏差指数 CPI' 、 SPI' 为剔除不可控因素引起的偏差后的值, 使评价指标真正反映生产管理者的管理效果。为了保证 IPI 的准确, 要注意两方面: 一、保证数据的真实可靠性, 本文中的数据为工时管理系统中收集而来, 足以保证数据的真实可靠; 二、合理确定 R、P 和 K 的值, 使公式能够正确反映生产的侧重点和不同的要求。在一般情况下, 可取 $R=P=K=1$; 在对工期、质量和造价中的某一方面或者某两方面有侧重要求的条件下, R、P、K 的取值可以不同, 如工期要求非常严格的产品, 系数 P 的取值就应该较大;

概括来说, IPI 的结果存在以下三种情况:

1 $IPI < 1$, 说明生产的实际综合执行情况比计划的情况差, 生产管理效果没有实现计划的目标;

2 $IPI = 1$, 说明生产实际综合执行情况和计划情况完全吻合, 生产管理效果达到了计划的目标;

3 $IPI > 1$, 说明生产的实际综合执行情况比计划的情况好, 生产管理效果的绩效比预期要好。

3.2 绩效考核奖励制度

本文提出的绩效考核奖励办法, 按照如下思路进行: 首先根据产品性质和投资额来确定奖金最高限额; 其次, 分析生产过程中的成本偏差、进度偏差情况及工程质量状况, 剔除生产现场管理机构不可控因素引起的偏差, 得出修正绩效指标 CPI' 和 SPI' , 据此计算出综合集成绩效指标 IPI, 并确定初步奖励额度; 最后, 结合工程实施过程中的安全情况, 修正原始计算值, 得出最终奖励额度。其中奖金额度计算办法分为年度奖金和生产奖金两部分进行计算。对于年度奖金的计算, 可假设当年投资节约额度的 20% 作为年度奖金的计算基数, 节约额度的 80% 进入风险储备金, 待生产结束后一并综合考虑, 进入生产奖金计算基数; 对于生产奖金, 则假设公司与生产车间的比例为 8:2, 即节省的投资 80% 归公司所有, 20% 作为奖励留给生产车间。根据生产最高奖金额度、考察时点生产节余额度和生产的 IPI, 初步确定年度或生产奖金额度, 然后在对生

产偏差原因进行深刻剖析的基础上, 修正初步计算额度, 得出最终奖励额度^[8]。

4 结语

EVM 管理理论是一种行之有效的项目管理技术, 是向管理要效益的得力手段。为了将 EVM 应用到生产企业中, 本文针对生产企业的车间工时管理系统提出了特有的 WBS 分解模式和各工艺投资额的计算方法, 以及绩效考核指标 IPI, 在此基础上实现 EVM 在生产型企业中的应用。

在 EVM 理论上修改后的车间工时管理系统可以克服以往系统在统计报表时的缺点。即当我们从传统的统计数字或曲线中发现费用超支时, 很难立即知道是由于费用超出预算, 还是进度提前的原因。相反, 当我们从传统的统计数字或曲线中发现费用消耗低于预算时, 也很难立即知道是由于费用节省还是进度拖延的缘故。

运用 EVM 原理改进车间工时管理系统中的统计功能, 以及采用新的数据显示方式对产品生产进行评估, 则可以直接检测判断当前产品生产进度是提前还是滞后, 费用是节省还是超支, 以采取相应的控制措施。对生产企业调整其生产计划, 和控制成本带来直观的效益。

参考文献

- 1 Kim EH, Wells W Jr, Duffy MR. A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management*, 2003, (21): 375-382.
- 2 李可峰. 挣值综合管理方法研究. 湖南大学, 2009.
- 3 Li P, Hu JB. Optimization of PERT Network.
- 4 Compression of Time. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 2005, 13(2).
- 5 叶智耿, 陈松乔. 基于 EVM 的进度成本控制算法研究. 企业技术开发, 2008.
- 6 朱娟. 基于 PLM 的车间工时管理系统. 计算机系统应用, 2011.
- 7 王东强. 作业车间制造系统生产进度提取方法及应用研究. 重庆大学, 2010.
- 8 袁鑫. EVM 在工程建设实施阶段的应用研究. 华北电力大学, 2005.